

# 施氮对高产甜菜干物质积累分配及产量和品质的影响

李强,章建新,甘玉柱

(新疆农业大学农学院,新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:**氮肥对高产甜菜的干物质积累分配及产量和品质影响显著。以KWS2409为材料,在5种施氮处理( $N_0$ 、 $N_{90}$ 、 $N_{180}$ 、 $N_{270}$ 、 $N_{360}$ )下,研究了甜菜叶面积、叶面积指数及干物质积累与分配和产质量变化情况。结果表明,增施氮肥显著增大群体中后期的叶面积指数、群体总干物质积累量和块根含水量,显著降低收获时的根冠比和块根含糖率;块根产量和产糖量则随着施氮量增加,呈现先增后降的趋势。最高产糖量( $13\ 892.64\ \text{kg}/\text{hm}^2$ )的施氮量为 $180\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,块根产量为 $82\ 609.63\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,含糖率为16.83%。施用氮肥块根产量的最大增幅为不施肥的38.2%,产糖量的最大增幅为不施肥的26.9%。实现甜菜高产高糖主要依靠高的土壤肥力条件。

**关键词:**糖用甜菜;氮肥;干物质积累与分配;块根产量;含糖率

**中图分类号:** S566.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)05-0055-05

新疆目前是我国最大的甜菜生产基地,甜菜制糖占到全国甜菜制糖的55%左右。目前新疆甜菜平均块根产量已达 $60\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,个别高产田块根产量甚至高达 $90\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ <sup>[1~3]</sup>。有关高产条件下,氮肥施用量与甜菜块根产量和含糖率的研究很少,其关系不甚清楚,导致生产上盲目施用氮肥,造成甜菜产量和含糖率下降,是新疆甜菜生产中亟需解决的问题。氮素是植物体内蛋白质、核酸、叶绿素和一些激素等的重要组成部分,是限制作物生长和产量形成的重要因素<sup>[4]</sup>。氮肥运筹是左右甜菜块根产量和品质的最重要栽培措施之一。有关氮素对甜菜生长和产质量的影响,前人已做了大量的工作。曲文章等<sup>[5]</sup>研究了施氮量对甜菜产量和生理指标的影响,高妙真等<sup>[6]</sup>和薛鸿雁<sup>[7]</sup>研究了氮素水平对甜菜干物质积累分配和产糖量的影响。但这些都是东北地区,块根产量多在 $45\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以下,含糖率为12%~16%的条件下所获得的结果。这些结果对指导新疆甜菜生产具有局限性。本研究旨在揭示高产条件下不同施氮量处理对甜菜块根产量和含糖率的影响规律,为合理施用氮肥,实现甜菜生产高产高糖高效提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试甜菜为KWS2409标准偏高糖品种(新疆康地种业提供)。

### 1.2 试验设计及田间管理

试验于2006年4月~10月和2007年4月~10月在新疆农业大学试验场进行。供试土壤为壤土,前作大豆。土壤有机质 $67.03\ \text{g}/\text{kg}$ ,碱解氮 $93.91\ \text{mg}/\text{kg}$ ,速效磷 $67.05\ \text{mg}/\text{kg}$ ,速效钾 $164.85\ \text{mg}/\text{kg}$ 。试验设 $0\ \text{kg}/\text{hm}^2$ (CK)、90、180、270、360 $\ \text{kg}/\text{hm}^2$  5个施氮(施氮量均为纯氮用量,氮肥为尿素)处理(分别记为 $N_0$ 、 $N_{90}$ 、 $N_{180}$ 、 $N_{270}$ 、 $N_{360}$ )。田间按随机区组排列,重复3次;小区长8 m,宽3 m,小区面积 $24\ \text{m}^2$ ,行距50 cm;4月7号播种,2对真叶期定苗,理论保苗 $7.5\ \text{万株}/\text{hm}^2$ ,6月5日施肥、开沟培土、灌水;全生育期灌水6次,锄草3次,10月8日收获。

### 1.3 测定方法

试验分别于苗期、叶丛快速增长期、块根增长期、糖分增长期和收获前各处理取代表样5株,测定叶面积、干物质重量、含糖率和含水率。叶面积和叶面积指数测定均采用干重法<sup>[8]</sup>。将5株样按叶片、叶柄、块根分开烘干分别称重,测定干物质积累量;含糖率采用砷钼酸比色法测定块根中的含糖率<sup>[9]</sup>;各处理中分别选取具代表性10株切碎,混合后各取100 g左右,放于 $65^\circ\text{C}$ 烘箱中烘15~30 min,然后放于室内使其自然风干后,再放于 $80^\circ\text{C}$ 烘箱中烘1~2 h后,称干重,计算含水率(用以比较最终不同施氮量对甜菜含糖率产生的影响)。

$$\text{含水率}(\%) = [(W_1 - W_2) / W_1] \times 100$$

式中:  $W_1$  为鲜样重;  $W_2$  为鲜样烘干重。

收稿日期:2008-03-26

基金项目:新疆高校科研基金项目(XJEDU2004G06)

作者简介:李强(1982—),男,新疆伊犁人,在该硕士研究生,研究方向作物栽培生理。E-mail:lq19820302@126.com。

通讯作者:章建新(1962—),男,四川人,教授,博士生导师,主要从事作物栽培生理教学和研究工作。E-mail:zjxin401@126.com。

收获时去边行分别测定每小区 10 m<sup>2</sup> 块根产量, 计算折合块根产量; 每小区另取 10 株测定含糖率。

两年的结果规律性一致, 故采用 2007 年的数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮肥对甜菜单株叶面积和叶面积指数的影响

由图 1、2 可见, 各处理的单株叶面积和叶面积指数动态变化呈单峰曲线变化, 均在 7 月 25 日前后达到峰值, 随后缓慢下降。各处理的叶面积和叶面

积指数在 7 月 1 日前差异很小, 7 月 1 日后差异迅速变大, 7 月 25 日前后处理间差异达最大, 以后差异缓慢减小, 到 9 月 25 日各处理之间的叶面积和叶面积指数仍有较大的差异, 且随施氮量的增加而增加。单株叶面积和叶面积指数峰值以 360 kg/hm<sup>2</sup> 处理最高, 分别为 9 817.26 cm<sup>2</sup>、7.36, 以处理 0 kg/hm<sup>2</sup> 最低, 分别为 5 282.26 cm<sup>2</sup>、3.96, 其余处理介于两者之间。单株叶面积 (Y<sub>a</sub>) 和叶面积指数 (Y<sub>i</sub>) 生长动态与出苗后天数 (X) 的关系分别可用四次曲线模拟 (见表 1)。施氮能促进单株叶面积增加, 进而增大群体中后期的叶面积指数。

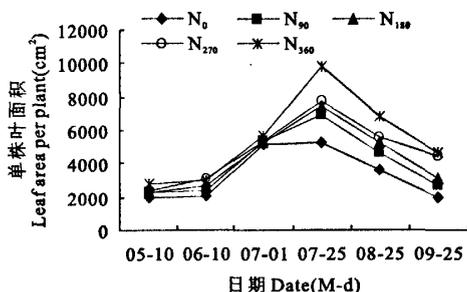


图 1 氮肥对甜菜单株叶面积的影响

Fig. 1 Effect of nitrogen fertilizer on single plant LA of sugar beet

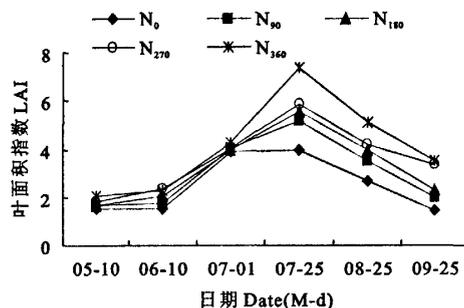


图 2 氮肥对甜菜单株叶面积指数的影响

Fig. 2 Effect of nitrogen fertilizer on LAI of sugar beet

表 1 单株叶面积和叶面积指数动态方程  
Table 1 Dynamic equation of single plant LA and LAI

处理 Treatment	方程 Equation	R <sup>2</sup>
单株叶面积 Leaf area per plant	N <sub>0</sub> Y <sub>a</sub> = 6481 - 455.17X + 12.433X <sup>2</sup> - 0.112X <sup>3</sup> + 3 × 10 <sup>-4</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9302
	N <sub>90</sub> Y <sub>a</sub> = 8090.6 - 575.38X + 15.097X <sup>2</sup> - 0.131X <sup>3</sup> + 4 × 10 <sup>-4</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9957
	N <sub>180</sub> Y <sub>a</sub> = 11443 - 887.37X + 22.821X <sup>2</sup> - 0.1965X <sup>3</sup> + 5 × 10 <sup>-4</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9636
	N <sub>270</sub> Y <sub>a</sub> = 7642.8 - 518.88X + 14.002X <sup>2</sup> - 0.1229X <sup>3</sup> + 3 × 10 <sup>-4</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9949
	N <sub>360</sub> Y <sub>a</sub> = 8197.5 - 537.78X + 14.221X <sup>2</sup> - 0.1237X <sup>3</sup> + 3 × 10 <sup>-4</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9989
叶面积指数 LAI	N <sub>0</sub> Y <sub>i</sub> = 4.8605 - 0.3414X + 0.0093X <sup>2</sup> - 8 × 10 <sup>-5</sup> X <sup>3</sup> + 2 × 10 <sup>-7</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9302
	N <sub>90</sub> Y <sub>i</sub> = 6.0677 - 0.4315X + 0.0113X <sup>2</sup> - 1 × 10 <sup>-4</sup> X <sup>3</sup> + 3 × 10 <sup>-7</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9957
	N <sub>180</sub> Y <sub>i</sub> = 8.5819 - 0.6655X + 0.0171X <sup>2</sup> - 1 × 10 <sup>-4</sup> X <sup>3</sup> + 4 × 10 <sup>-7</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9636
	N <sub>270</sub> Y <sub>i</sub> = 5.7318 - 0.3891X + 0.0105X <sup>2</sup> - 9 × 10 <sup>-5</sup> X <sup>3</sup> + 3 × 10 <sup>-7</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9949
	N <sub>360</sub> Y <sub>i</sub> = 6.1478 - 0.4033X + 0.0107X <sup>2</sup> - 9 × 10 <sup>-5</sup> X <sup>3</sup> + 3 × 10 <sup>-7</sup> X <sup>4</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9989

### 2.2 氮肥对甜菜干物质积累分配的影响

2.2.1 群体干物质积累及块根含水率动态 不同处理甜菜群体的干物质积累见图 3。6 月 10 日前各处理的干物质积累量差异很小, 6 月 10 日以后各处理的干物质积累量差异逐渐增大至收获前。随着施氮量的增加, 干物质积累量呈现增加的趋势, 以处理 0 kg/hm<sup>2</sup> 最低, 为 1 393.21 g/m<sup>2</sup>, 其余处理差异较小, 为 1 830.48 g/m<sup>2</sup>~2 009.92 g/m<sup>2</sup> 的范围。

含水率在 6 月 10 日前变化不大, 从 6 月 10 日到 7 月 25 日迅速增加达到最大值后呈缓慢下降的趋势。各处理之间的块根含水量差异在 6 月 10 日后逐渐增大至 7 月 25 日前后达最大值后略变小, 且随着施氮量的增加, 块根含水量增大, 收获期块根含水率由 CK 的 74.17% 增至 N<sub>360</sub> 处理的 79.48% (见图 4)。可见, 增施氮肥明显提高块根的含水率。

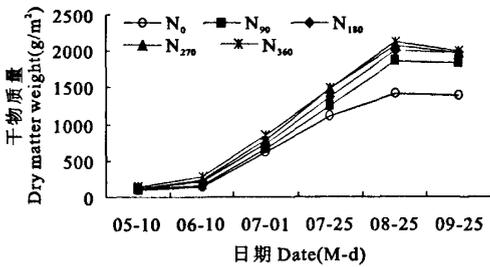


图3 群体干物质积累动态变化  
Fig.3 Dynamic change trends of the colony dry matter accumulation

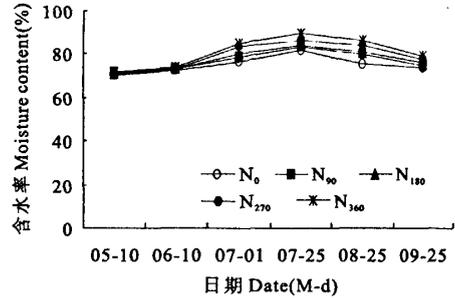


图4 块根含水率动态变化  
Fig.4 Dynamic change of root tuber moisture content

2.2.2 氮肥对甜菜干物质分配的影响 不同施氮处理的甜菜干物质在各器官分配的动态变化见表2。在6月10以前,不同施氮处理干物质在各器官之间的分配差异不大,叶片、叶柄、块根大约分别为45%、25%、30%,根冠比为0.34~0.55之间;7月1日以后叶片和叶柄的干物质分配比率迅速降低,块根干物质分配比率迅速升高,叶片由7月1日的近30%降至收获前的10%左右,叶柄由7月1日的近20%降至收获前的10%以下,块根由7月1日的50%左右增至收获前的85%左右,各处理的根冠比由7月1日的1左右升至收获前的3.44~6.75。处理间叶片、叶柄的干物质积累量以N<sub>360</sub>处理最高,而块根的积累量则以N<sub>180</sub>最高,随施氮量进一步增加有下降趋势。

不同施氮量对植株干物质分配也有明显的影响。随着施氮量增加,植株向地上部分分配的干物质量增加,相反向地下部分分配的干物质量相对减少,且整个生育期均表现这种趋势。增施氮肥虽然甜菜整株的干物质积累量呈现增加的趋势,但由于过量的氮肥对叶生长的促进作用大于块根,导致N<sub>180</sub>最大单株块根干重远高于高氮(N<sub>360</sub>)处理单株块根干重。过量施氮肥降低块根产量,只有施氮量适宜,使叶根协调生长,才会获得较高产量。

2.3 氮肥对甜菜产质量的影响

不同施氮处理的甜菜产量构成因素见表3。处理间单株块根重、块根产量、含糖率和产糖量的差异均达到极显著水平。施氮量与产量和产糖量之间达显著正相关关系( $r=0.9822^*$ )随着施氮量的增加,单根重和块根产量及产糖量呈现先增后降的趋势,含糖率则呈现下降的趋势。以处理N<sub>90</sub>和N<sub>180</sub>的产

糖量最高,分别为13 664.99、13 892.64 kg/hm<sup>2</sup>。产糖量与施氮量呈二次曲线关系(图5)。根据方程计算出最高产糖量的施氮量为157.38 kg/hm<sup>2</sup>,其含糖率为16.83%。施氮肥块根产量的最大增幅为不施肥的38.2%,产糖量的最大增幅为不施肥的26.9%。可见,实现甜菜高产高糖主要依靠高的土壤肥力条件。过多施氮肥则大幅度降低含糖率。

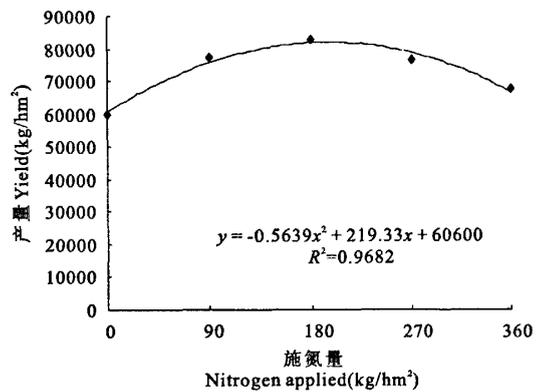


图5 施氮量与产糖量的关系  
Fig.5 The relation sugar yield and amount of nitrogen applied

3 结论

前人大量研究表明,甜菜的产量与品质的形成与氮素营养密切相关。在块根产量(60 000 kg/hm<sup>2</sup>以下)较低的情况下,增施氮肥可提高甜菜单株叶面积和群体叶面积指数及干物质积累量<sup>[9~11]</sup>,提高块根产量和产糖量,降低含糖率<sup>[12~15]</sup>。布鲁塞尔国际甜菜研究所的研究资料证明,甜菜最大块根产量

表 2 氮肥对甜菜干物质积累分配的影响

Table 2 Effect of nitrogen amount on sugarbeet dry matter accumulation and distribution

日期 Date (M-d)	处理 Treatment	干物质积累量(g) Dry matter accumulation				根/冠 R/T	植株干物质分配(%) Dry matter distribution of plant		
		叶片 Leaf	叶柄 Petiole	块根 Root	全株 Whole-plant		叶片 Leaf	叶柄 Petiole	块根 Root
05-10	N <sub>0</sub>	5.28	3.37	3.53	12.18	0.41	43.35	27.67	28.98
	N <sub>90</sub>	6.36	4.57	3.99	14.92	0.37	42.63	30.63	26.74
	N <sub>180</sub>	6.92	4.13	4.02	15.07	0.36	45.92	27.41	26.68
	N <sub>270</sub>	7.16	4.51	4.13	15.80	0.35	45.32	28.54	26.14
	N <sub>360</sub>	8.89	5.27	4.89	19.05	0.34	46.67	27.66	25.67
06-10	N <sub>0</sub>	8.01	4.96	5.07	18.04	0.39	44.40	27.49	28.10
	N <sub>90</sub>	9.54	5.20	6.06	20.80	0.41	45.87	25.00	29.13
	N <sub>180</sub>	11.75	5.25	8.32	25.32	0.49	46.41	20.73	32.86
	N <sub>270</sub>	13.13	6.94	8.49	28.56	0.42	45.97	24.29	29.73
	N <sub>360</sub>	14.73	7.57	12.19	34.49	0.55	42.71	21.95	35.34
07-01	N <sub>0</sub>	21.14	15.19	38.87	75.20	1.07	28.11	20.19	51.69
	N <sub>90</sub>	23.11	15.61	44.35	83.07	1.14	27.82	18.79	53.39
	N <sub>180</sub>	24.76	17.59	49.67	92.02	1.17	26.91	19.12	53.98
	N <sub>270</sub>	27.05	18.57	51.36	96.98	1.12	27.89	19.15	52.96
	N <sub>360</sub>	28.88	20.26	57.24	106.38	1.16	27.15	19.04	53.81
07-25	N <sub>0</sub>	29.42	25.47	82.51	137.40	1.49	21.41	18.54	60.05
	N <sub>90</sub>	31.45	28.19	96.21	155.85	1.61	20.18	18.09	61.73
	N <sub>180</sub>	33.39	30.25	108.15	171.79	1.69	19.44	17.67	62.95
	N <sub>270</sub>	39.65	32.40	113.79	185.84	1.58	21.34	17.43	61.23
	N <sub>360</sub>	42.61	33.78	109.01	185.40	1.42	22.98	18.32	58.79
08-25	N <sub>0</sub>	20.04	16.45	141.86	178.35	3.87	11.24	9.22	79.54
	N <sub>90</sub>	24.24	22.37	186.23	232.84	3.98	10.41	9.61	79.98
	N <sub>180</sub>	27.35	25.25	196.90	249.49	3.73	10.96	10.12	78.92
	N <sub>270</sub>	32.48	35.55	192.82	260.85	2.83	12.45	13.63	73.92
	N <sub>360</sub>	36.75	36.79	190.98	264.52	2.59	13.89	13.91	72.19
09-25	N <sub>0</sub>	12.42	10.09	151.64	174.15	6.68	7.13	5.79	87.07
	N <sub>90</sub>	14.42	14.94	199.45	228.81	6.75	6.30	6.53	87.17
	N <sub>180</sub>	19.28	18.30	210.13	247.71	5.56	7.78	7.39	84.83
	N <sub>270</sub>	25.78	24.23	196.43	246.44	3.91	10.46	9.83	79.71
	N <sub>360</sub>	27.35	29.06	194.84	251.25	3.44	10.88	11.57	77.55

表 3 甜菜产量及产量构成因素

Table 3 Sugarbeet yield and yield composing factors

处理 Treatment	株数 Number (10 <sup>4</sup> 株/hm <sup>2</sup> )	单根重 Weight per plant (kg)	根产量 Root yield (kg/hm <sup>2</sup> )	含糖率 Sugar content (%)	产糖量 Sugar yield (kg/hm <sup>2</sup> )
N <sub>0</sub>	7.5	0.81cC	59781.44cB	18.34aA	10947.12bAB
N <sub>90</sub>	7.5	1.05abAB	77142.75abA	17.69abAB	13664.99aA
N <sub>180</sub>	7.5	1.18aA	82609.63aA	16.83bBC	13892.64aA
N <sub>270</sub>	7.5	1.03bAB	76270.66bAB	15.63cCD	11865.97bAB
N <sub>360</sub>	7.5	0.91bcBC	67559.58bAB	14.34dD	9692.09bB

注:a,b,c在0.05水平上显著;A,B,C在0.01水平上显著。

Note: a, b, c Significant at 0.05 level; A, B, C Significant at 0.01 level.

的最佳施纯氮量为 175 kg/hm<sup>2</sup>,最高产糖量的最佳施纯氮量为 135 kg/hm<sup>2</sup>;美国的最高施纯氮量的界限为 180 kg/hm<sup>2</sup>[16,17]。本试验结果表明,在高产(60 000 kg/hm<sup>2</sup>以上)条件下,在施氮量为 0~360 kg/hm<sup>2</sup>的范围内,增施氮肥显著增大群体中后期的叶面积指数、群体总干物质积累量和块根含水量,显著降低收获时的根冠比和块根含糖率;块根产量和产糖量则随着施氮量增加,呈现先增后降的趋势。施氮量以处理 180 kg/hm<sup>2</sup>,获得最高产糖量,为 13 892.64 kg/hm<sup>2</sup>。施氮肥块根产量的最大增幅为不施肥的 38.2%,产糖量的最大增幅为不施肥的 26.9%。

#### 参 考 文 献:

- [1] 张迎彬,李晓鹏,孙智强,等.对加入 WTO 后对我国甜菜制糖行业发展的建议[J].中国甜菜糖业,2002,(2):15—17.
- [2] 王桂艳,鞠 平.世界糖业基本情况[J].中国甜菜糖业,2002,(4):35—37.
- [3] 许 群,陈连江,孙以楚,等.浅谈我国甜菜科研现状和发展目标及对策[J].中国糖料,1999,(4):42—45.
- [4] 孙 曦.植物营养原理[M].北京:中国农业出版社,1997.
- [5] 曲文章.施肥量对甜菜产量和生理指标的影响[J].中国甜菜,1993,(2):53—57.
- [6] 高妙真,蔡伯岩,曲文章.氮素水平对甜菜干物质积累分配和产糖量的影响[J].中国甜菜糖业,1999,25(5):5—9.
- [7] 薛鸿雁,公丽凤.氮素不同用量对甜菜产质量的影响[J].中国糖料,2004,(2):28—29.
- [8] 张志良,翟伟菁.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [9] 邵金旺,蔡 葆,张家骅.甜菜生理学[M].北京:中国农业出版社,1991.
- [10] 曲文章,蔡伯岩,高妙真,吴纯祥.氮肥水平对甜菜光合速率的影响[J].中国甜菜糖业,1999,(4):1—4.
- [11] 曲文章.甜菜高产群体生产力及其生理参数的研究[J].中国农业科学,1986,(4):67—71.
- [12] 赵都利.甜菜光合作用研究进展[J].中国甜菜,1990,(3):25—27.
- [13] 高妙真,曲 阳.甜菜高产高糖施肥标准的研究[J].中国甜菜糖业,2000,(4):1—3.
- [14] 于海彬,蔡 葆.不同施钾水平与甜菜产质量关系的研究[J].中国糖料,2002,(3):17—19.
- [15] 侯振安,刘日明,冶 军,等.不同施氮量对甜菜的产质量效应研究[J].中国糖料,2000,(4):36—39.
- [16] 蔡伯岩,葛菁萍.氮素水平对甜菜干物质积累与分配的影响[J].中国糖料,2004,(2):6—8.
- [17] Christman J. Application of Nitrogen Fertilizer to Sugar-beet [J]. *Parisla Defense*, 1990, 20:16—18.

## Effect of nitrogen application on accumulation and distribution of dry matter and yield and quality of high-yielding sugar beet

LI Qiang, ZHANG Jian-xin, GAN Yu-zhu

(College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

**Abstract:** Nitrogen application has significant effect on the accumulation and distribution of dry matter and yield and quality of sugar beet plant. Study was made on the effect of the five nitrogen levels ( $N_0$ 、 $N_{90}$ 、 $N_{180}$ 、 $N_{270}$ 、 $N_{360}$ ) on the leaf area and LAI and accumulation and distribution of the dry matter and yield and quality of sugar beet plant with the material of KWS2409. The results showed that the population's middle and deuterio leaf area index, the population's dry matter accumulation and water content of root tuber increased with increment of nitrogen supply, while the root cap ratio and the sugar content of harvest decreased significantly. With the nitrogen supplied increasing the root yield and sugar yield increased first then decreased. The nitrogen applied for the highest sugar yield (13 892.64 kg/hm<sup>2</sup>) is 180 kg/hm<sup>2</sup>, the root yield is 82 609.63 kg/hm<sup>2</sup>, the sugar content is 16.83 percent. The maximum increment of root yield is 38.2 percent higher than those without fertilizer application, the maximum increment of sugar yield is 26.9 percent higher than those without fertilizer application. Achieving high yield and high sugar content in sugar beet depends mainly on the soil fertility conditions.

**Keywords:** sugar beet; nitrogen fertilizer; accumulation and distribution of dry matter; root yield; sugar content